

# Analisis Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang T Menggunakan

## Response-2000

Trias Widorini<sup>1</sup>, Purwanto<sup>2</sup>, Mukti Wiwoho<sup>3</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Sipil Universitas Semarang

<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Sipil Universitas Semarang

<sup>3)</sup>Jurusan Teknik Sipil Universitas Semarang

**Abstrak** Balok beton bertulang T adalah balok struktur yang banyak digunakan. Penelitian perilaku komponen struktur dapat dilakukan melalui penelitian eksperimental dan analisis. Penelitian eksperimental akan menghasilkan perilaku aktual struktur, namun memerlukan waktu dan biaya yang tidak sedikit serta untuk kasus tertentu memerlukan peralatan laboratorium khusus, sedangkan analisis dengan program komputer cukup efektif dalam hal waktu, biaya dan peralatan yang digunakan namun hanya menghasilkan pendekatan dari perilaku struktur, sehingga perlu mengetahui tingkat akurasi analisis dengan Response-2000 dalam analisis balok beton tampang T.

Penelitian ini menggunakan data penelitian Amir (2010) sebagai pembandingan dengan hasil analisis. Hasil penelitian analisis teoritis menggunakan program Response-2000, pada pola retak yang terjadi untuk benda uji maupun analisis dapat dikategorikan tipe keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan lentur. Kapasitas daya dukung beban untuk benda uji berdasarkan hasil pengujian dengan hasil analisis menggunakan program Response-2000 menunjukkan tingkat kecocokan yang cukup tinggi terlihat dari rasio yang mendekati 1

Kata kunci : Analisis, Balok Beton Bertulang, Balok T, Response-2000.

**Abstract:** Reinforced concrete T beam is beam structure that is widely used. The study of behavior of structural components can be done through experimental research and analysis. Experimental research will produce the behavior of actual structure, but it requires many time and lot of cost, and in certain cases require special laboratory equipment, while the analysis with the computer program is effective in terms of time, cost and the equipment used, but only produces an approximation of the behavior of the structure, so it need to determine the level of accuracy of analysis by Response-2000 in a concrete T beam analysis.

This study uses research of Amir's data (2010) as a comparison with the results of the analysis. The results of theoretical analysis research using Response-2000 program, on the pattern of cracks that occur on the test specimen and the analysis can be considered the type of collapse that happened is flexural failure. Load bearing capacity to the test object based on the test results with the results of the analysis using Response-2000 program indicate a fairly high level match seen from the ratio close to 1.

Keywords: Analysis, Reinforced Concrete Beams, T Beams , Response-2000.

## PENDAHULUAN

Beton bertulang banyak digunakan dalam bermacam-macam struktur bangunan seperti gedung, jembatan dan lain-lain. Bahan ini lebih banyak digunakan bila dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya seperti kayu dan baja, karena mudah dibentuk, karakteristik kekuatannya mampu menahan gaya tarik dan tekan serta ketahanannya terhadap faktor lingkungan dan kebakaran.

Balok sebagai salah satu elemen struktur mempunyai fungsi yang sangat penting, yaitu menahan beban diatasnya berupa beban plat lantai, beban hidup, beban mati dan berat sendiri balok. Balok tampang T adalah balok yang pada dasarnya dibuat berpenampang tipikal T, selain itu balok yang dicor monolit dengan elemen pelat juga lazim disebut balok T karena lendutan pada balok mengakibatkan bagian pelat yang bersebelahan ikut melendut.

Penelitian mengenai perilaku komponen struktur dapat dilakukan melalui dua cara, yaitu penelitian eksperimental dan analisis. Penelitian eksperimental akan menghasilkan perilaku aktual struktur, namun memerlukan waktu dan biaya yang tidak sedikit serta untuk kasus tertentu memerlukan peralatan laboratorium khusus. Analisis dengan program komputer hanya akan menghasilkan pendekatan dari perilaku struktur, namun cukup efektif dalam hal waktu, biaya dan peralatan yang digunakan.

## TINJAUAN PUSTAKA

Balok tampang T adalah balok yang pada dasarnya dibuat berpenampang tipikal T. Selain itu balok yang dicor monolit dengan elemen pelat juga lazim disebut balok T karena lendutan pada balok mengakibatkan bagian pelat yang bersebelahan ikut melendut. Menurut Nawy (1990), bagian *flens* yang dicor monolit dengan balok akan memberikan kontribusi kekuatan dan kekakuan pada balok. Balok yang memiliki *flens* terutama digunakan pada daerah lapangan dikarenakan pada daerah lapangan bagian *flens* akan mengalami tekan, sehingga dapat memberikan kontribusi terhadap kekuatan momen.

*Response-2000* (Bentz, 2000) adalah suatu program yang dibuat berdasarkan *Modified Compression Field Theory (MCFT)* untuk elemen beton bertulang prismatik. Program ini dapat digunakan untuk melakukan analisis terhadap elemen beton bertulang akibat pembebanan aksial, momen, geser, maupun kombinasi ketiganya sehingga respon beban-lendutan dapat diprediksi dan kekuatan dari elemen beton bertulang yang dianalisis dapat diketahui.

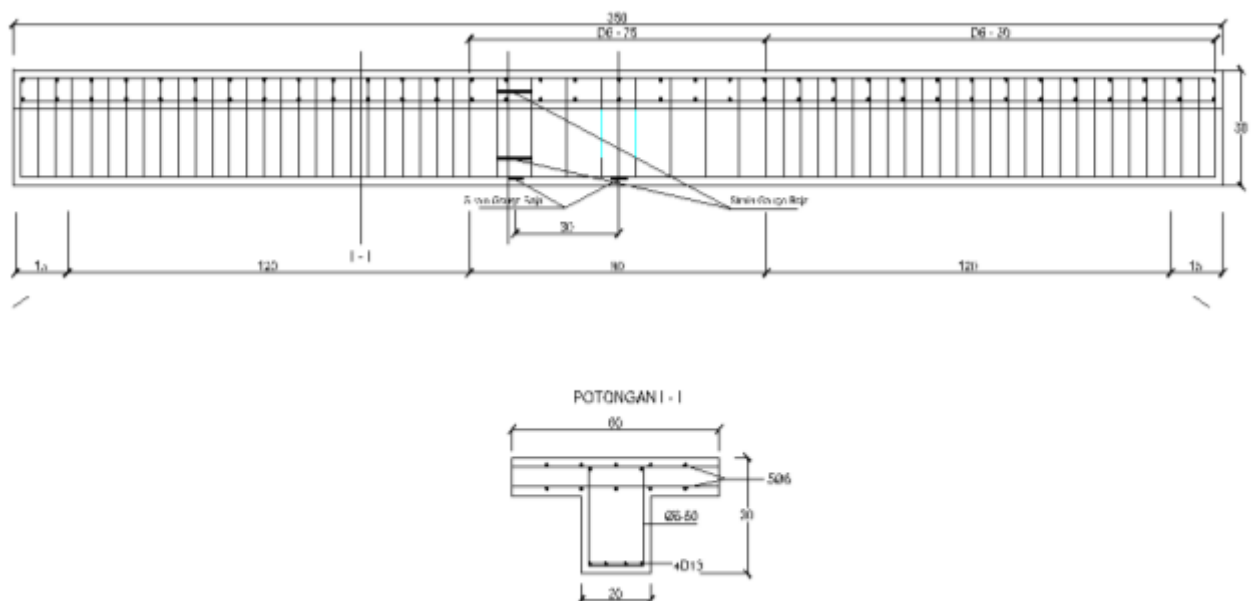
## METODE PENELITIAN

Analisis dilakukan dengan menggunakan program *Response-2000*. Sebagai pembandingan, penelitian ini menggunakan penelitian eksperimental Amir (2010). Untuk detail penampang balok dan data dimensi dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Gambar 2.1.

Tabel 2.1. Data Dimensi Balok T

KODE	L (mm)	$b_f$ (mm)	$t_f$ (mm)	$b_w$ (mm)	$t_w$ (mm)	Tul. Utama		
						Atas	Bawah	Geser
BT	3500	600	100	200	300	10P6	4P13	P6-50

Sumber: Amir, 2010



Sumber: Amir, 2010

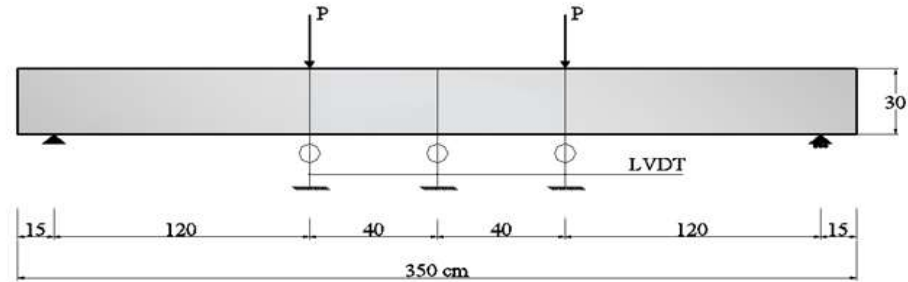
Gambar. 2.1. Detail Balok T

Data material dan *set up* menggunakan penelitian eksperimental Amir (2010) dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan Gambar 2.2

Tabel 2.2. Data Material Balok T

Beton		Tulangan Tarik		Tulangan Tekan		Sengkang	
$f'_c$ (MPa)	33,786	Kode	D13	Kode	P6	Kode	P6
$E_c$ (MPa)		Jumlah	4	Jumlah	10	Spasi (mm)	50
		$f_y$ (MPa)	428,532	$f_y$ (MPa)	340,180	$f_y$ (MPa)	340,180

Sumber: Amir, 2010



Sumber: Amir, 2010

Gambar 2.2. *Set-up* pengujian balok beton

Tahap Analisis:

a. Analisis Data Hasil Pengujian

Analisis perilaku lentur terhadap data hasil pengujian balok beton bertulang dianggap sebagai nilai eksak dan hasilnya akan dibandingkan dengan analisis teoritis. Analisis menggunakan program *Response-2000* dapat dilakukan dengan mengacu kepada sifat-sifat bahan dari data hasil pengujian material Amir (2010).

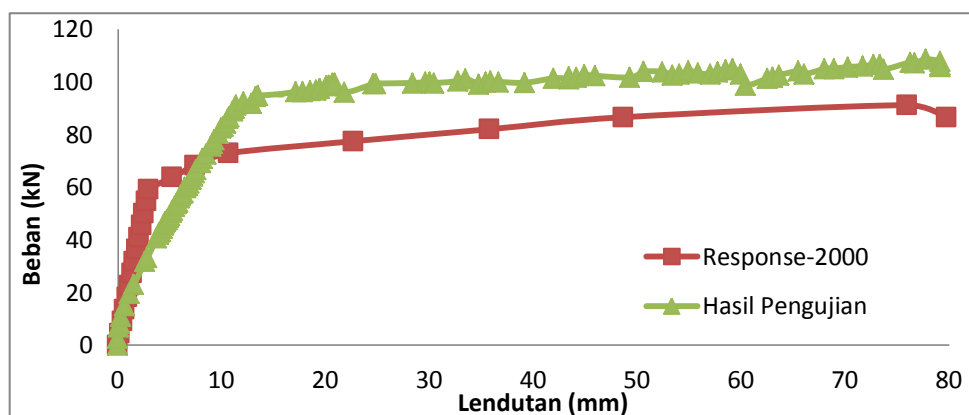
b. Analisis Program *Response-2000*

Langkah-langkah dalam melakukan analisis menggunakan program *Response-2000*:

1. Menentukan unit satuan dan faktor-faktor bahan
2. Menentukan informasi umum
3. Menentukan karakteristik bahan
4. Menentukan detail karakteristik bahan beton
5. Menentukan detail karakteristik bahan baja tulangan konvensional
6. Menentukan bentuk penampang
7. Menentukan tulangan longitudinal
8. Menentukan tulangan geser (sengkang)
9. Menentukan tipe tumpuan dan *setting* pembebanan
10. Menentukan tipe pembebanan
11. Melakukan analisis terhadap elemen secara keseluruhan
12. Melakukan analisis penampang untuk mengetahui kapasitas penampang dan tegangan-tegangan yang terjadi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisis teoritis program *Response-2000* yang telah dilakukan kemudian dilakukan perbandingan terhadap hasil pengujian Amir (2010). Gambaran umum mengenai perbandingan perilaku benda uji dari hasil eksperimental Amir (2010) dan hasil analisis teoritis dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan Hasil Pengujian Amir (2010) dan Hasil Analisis *Response-2000*

Kurva hubungan beban-lendutan berdasarkan analisis menggunakan program *Response-2000* secara umum memiliki pola yang mendekati kurva hubungan beban-lendutan hasil pengujian Amir (2010). Namun demikian terdapat perbedaan pada kemiringan kurva di mana hal tersebut dapat disebabkan oleh adanya anggapan bahwa lekatan yang terjadi antar bahan-bahan yang berbeda terjadi secara sempurna (*perfect bond*) untuk analisis menggunakan program *Response-2000*.

### Perbandingan Kapasitas Beban Lentur

Perbandingan kapasitas beban maksimum hasil pengujian Amir (2010) dan hasil analisis menggunakan program *Response-2000* dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Perbandingan Kapasitas Beban Maksimum

Beban Maksimum (kN)		
Hasil Pengujian Amir (2010)	Analisis Teoritis <i>Response-2000</i>	*Rasio
108,6	91,153	0,84

Keterangan: \*Dihitung terhadap hasil pengujian

Dari Tabel 3.1. dapat diketahui bahwa kapasitas beban maksimum untuk hasil pengujian Amir (2010) dan hasil analisis teoritis menggunakan program *Response-2000* menunjukkan tingkat kecocokan yang tinggi ditandai dengan rasio yang ada mendekati 1. Anggapan adanya lekatan yang sempurna (*perfect bond*) antara bahan-bahan yang berbeda pada analisis teoritis secara *engineering* akan menghasilkan kapasitas daya dukung beban (*load carrying capacity*) yang berbeda dengan hasil pengujian. Namun demikian terdapat faktor lain yang dapat mempengaruhi misalnya adalah kemungkinan perbedaan karakteristik bahan pada benda uji balok beton bertulang secara keseluruhan dengan karakteristik bahan hasil pengujian pendahuluan.

### Perbandingan Daktilitas dan Kekakuan

Perbandingan indeks daktilitas perpindahan dan nilai kekakuan berdasarkan hasil pengujian dan hasil analisis menggunakan program *Response-2000* disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Perbandingan Indeks Daktilitas

Daktilitas		
Hasil Pengujian Amir (2010)	Analisis Teoritis <i>Response-2000</i>	*Rasio
4.7	6.7	1.43

Keterangan: \*Dihitung terhadap hasil pengujian

Hubungan beban dan lendutan hasil pengujian dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian pertama untuk *initial stiffness* adalah kekakuan yang didapatkan dari awal pembebanan hingga retak awal dan bagian kedua didapatkan dari retak awal hingga kondisi leleh. Perbandingan Kekakuan hasil pengujian Amir (2010) dan hasil analisis menggunakan program *Response-2000* dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4..

Tabel 3.3. Perbandingan Kekakuan Awal

Beban Maksimum (N/mm)		
Hasil Pengujian	Analisis Teoritis	
Amir (2010)	<i>Response-2000</i>	*Rasio
25384,615	19603	0,77

Keterangan: \*Dihitung terhadap hasil pengujian

Tabel 3.4. Perbandingan Kekakuan Ekuivalen

Beban Maksimum (N/mm)		
Hasil Pengujian	Analisis Teoritis	
Amir (2010)	<i>Response-2000</i>	*Rasio
7149,4	8794	1,23

Keterangan: \*Dihitung terhadap hasil pengujian

### Perbandingan Pola Retak

Pada penelitian ini, perbandingan pola retak dan keruntuhan dilakukan terhadap hasil pengujian Amir (2010) dan hasil analisis menggunakan program *Response-2000*. Perbandingan lebar retak pertama yang terjadi pada pengujian dan hasil analisis menggunakan program *Response-2000* disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Perbandingan Lebar Retak Pertama Pengujian dan *Response-2000*

Retak Pertama			
Hasil Pengujian Amir (2010)		<i>Response-2000</i>	
Lebar (mm)	Beban (kN)	Lebar (mm)	Beban (kN)
0,08	16,5	0,09	18,231

Dari Tabel 4.5 terlihat bahwa lebar retak hasil analisis menggunakan program *Response-2000* lebih besar dibanding hasil pengujian Amir (2010). Namun demikian, secara umum perkembangan dan penyebaran retak pada saat pengujian memiliki pola yang mendekati hasil analisis menggunakan program *Response-2000*. Retak pertama terjadi pada daerah lentur murni ditandai dengan dominannya retak-retak arah vertikal. Perbandingan pola retak hasil pengujian dan hasil analisis menggunakan program *Response-2000* dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Sumber : Amir (2010)

a. Pola Retak Pengujian Balok Amir (2010)

Member Crack Diagram

	0.42	1.45	1.45
	0.73	3.21	3.21
		6.34	6.34
	0.87	5.41	5.41
0.10 / 0.13 / 1.20		7.37	7.37

b. Pola Retak *Response-2000*

Gambar 3.2. Perbandingan Pola Retak

## KESIMPULAN

Dari hasil analisis teroris menggunakan program *Response-2000* dapat ditarik beberapa kesimpulan untuk penelitian ini antara lain:

1. Secara umum perkembangan dan penyebaran retak pada analisis menggunakan program *Response-2000* memiliki pola yang mendekati hasil eksperimen laboratorium. Dari pola retak yang terjadi pada pengujian laboratorium maupun analisis dapat dikategorikan tipe keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan lentur.
2. Kekakuan lentur hasil eksperimen berdasarkan hasil pengujian dengan hasil analisis menggunakan program *Response-2000* menunjukkan tingkat kecocokan yang cukup tinggi terlihat dari rasio yang ada yang mendekati 1.
3. Daktilitas hasil eksperimen berdasarkan hasil pengujian lebih rendah daripada hasil analisis menggunakan program *Response-2000*.
4. Kapasitas daya dukung beban (*load carrying capacity*) berdasarkan hasil eksperimen dengan hasil analisis menggunakan program *Response-2000* menunjukkan tingkat kecocokan yang cukup tinggi terlihat dari rasio yang ada yang mendekati 1.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amir, Muhammad Yusuf, 2010, "*Perilaku Lentur pada Keadaan Layan dan Ultimit Balok Beton Berlubang Memanjang (Hollow Core RC Beam)*", Tesis, Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Dipohusodo, I., 1994, "*Struktur Beton Bertulang*", Gramedia, Jakarta.
- Gere, J. M. dan Timoshenko, S. P., 1996, "*Mekanika Bahan*", Erlangga, Jakarta.
- Haryanto, Yanuar, 2011, "*Perilaku Lentur Balok Beton Bertulang Tampang T yang Diperkuat pada Daerah Momen Negatif dengan Wire Rope dan Komposit Mortar*", Tesis, Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Nawy, E. G., 1990, "*Beton bertulang Suatu Pendekatan Dasar*", diterjemahkan oleh Bambang Suryoatmojo, Eresco, Bandung.
- Park, R. dan Paulay, T., 1975, "*Reinforced Concrete Structure*", John Wiley & Sons Inc, Kanada.
- Wang, C.K. dan Salmon, C.G., (alih bahasa: Binsar Hariandja), 1993, "*Desain Beton Bertulang*", Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta